



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

28E1 #4
5-13-6
RECEIVED
PATENT
MAR 26 2002
TC 2800 MAIL ROOM

Applicants: Andreas FALK et al. Conf: Unknown
Application No.: 10/058,454 Group: 2838
Filed: January 28, 2002 Examiner: Unknown
For: MEDIUM FREQUENCY ENERGY SUPPLY FOR RAIL VEHICLES

PRIORITY LETTER

Honorable Commissioner of Patents and Trademarks
Washington, DC 20231

March 22, 2002

Dear Sirs:

Pursuant to the provisions of 35 U.S.C. 119, enclosed is/are a certified copy of the following priority document(s).

<u>Application No.</u>	<u>Date Filed</u>	<u>Country</u>
101 03 634.5	January 27, 2001	Germany

In support of Applicants' priority claim, please enter this document into the file.

Respectfully submitted,

HARNESS, DICKEY, & PIERCE, P.L.C.

By

Timothy R. Wyckoff, Reg. No. 47,275

P.O. Box 8910
Reston, Virginia 20195
(703) 390-3030

TRW:ewd

DECLARATION OF SUCCESSION IN PRIORITY



The firm of

SMA Regelsysteme GmbH
Hannoversche Str. 1 - 5
D-34266 Niestetal
Germany

- represented by its Managing Director Reiner Wettlaufer -

applicant of the German Patent Application

101 03 634.5-32 concerned with a
"Medium Frequency Energy Supply for Rail Vehicle"

herewith agrees that the firm of

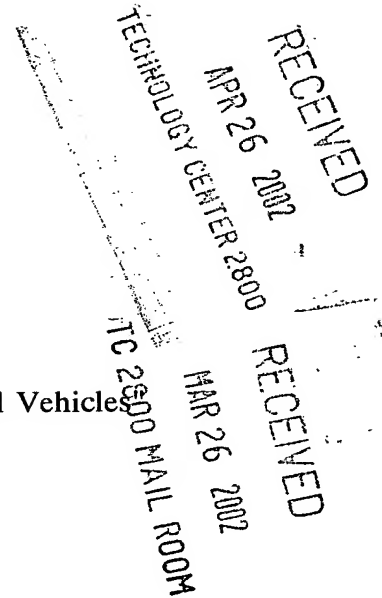
ALSTOM
25, avenue Kléber
F-75116 Paris,
France

claims priority of this German Patent Application for a continuation in part from this application in Norway and the USA.

Niestetal, 10.2.02

Place/date

Reiner Wettlaufer
(Managing Director)
SMA Regelsysteme GmbH





Andreas FALIK et al.
Appl No. 10/058,454
Filed: 1/28/2002
Atty Docket 40770-000127
MDP
705/090-3030

RECEIVED
MAR 26 2002
2800 MAIL ROOM

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

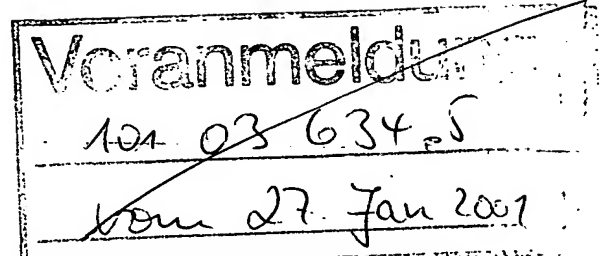
RECEIVED
APR 26 2002
TECHNOLOGY CENTER 2800

Aktenzeichen: 101 03 634.5
Anmeldetag: 27. Januar 2001
Anmelder/Inhaber: SMA Regelsysteme GmbH,
Niestetal/DE
Bezeichnung: Mittelfrequenz Energieversorgung für Schienen-
fahrzeuge
IPC: H 02 M, B 60 L

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 14. Februar 2002
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Brand



1

Kassel, den 26. Januar 2001 rw/mp

Anwaltsakte 20485

Aktenzeichen N. N.

Anmelder:

SMA Regelsysteme GmbH

5 Hannoversche Str. 1-5

D-34266 Niestetal

Vertreter:

Patentanwälte

10 Walther · Walther & Hinz

Heimradstr. 2

34130 Kassel, DE

15

20

25

MITTELFREQUEZ ENERGIEVERSORGUNG FÜR SCHIENENFAHRZEUGE

Die Erfindung betrifft eine elektronische Schaltung zur bidirektionalen
Umschaltung von Wechselspannung in Gleichspannung mit galvanischer
30 Trennung, insbesondere zur Verwendung in einem Stromversorgungssystem für Schienenfahrzeuge, aufweisend einen Primärstromrichter, einen Transformator und einen Sekundärstromrichter.

In Schienenfahrzeugen werden heutzutage 16 2/3 Hz oder 50 Hz Transformatoren eingesetzt, um die in den Oberleitungen eines Bahnnetzes vorliegende Hochspannung von 15 oder 25 kV in die bei Elektromotoren üblicherweise verwendeten 1000 V zu transformieren.

5

Diese Transformatoren sind insbesondere wegen ihres Eigengewichts von Nachteil, da auch bei Bahnfahrzeugen zunehmend Energiekosten einzusparen sind. Zudem wird durch deren Baugröße der zur Verfügung stehende Nutzraum erheblich reduziert.

10

Es ist deshalb Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine elektronische Schaltung der eingangs bezeichneten Art anzugeben, welche die vorgenannten Nachteile vermeidet und insbesondere ohne die schwergewichtigen Transformatoren auskommt.

15

Diese Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale des unabhängigen Anspruchs 1. Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

20 In einer bevorzugten Ausgestaltung weist die erfindungsgemäße Schaltung mehrere Teilstromrichter auf, die über einen Schalter und ein Filter unmittelbar zwischen einer Oberleitung und einem über eine Schiene geerdeten Fahrzeugrad betrieben werden. Die Teilstromrichter sind jeweils einer Transformatorprimärwicklung eines Transformators zugeordnet und
25 weisen einen netzseitigen Vierquadrantensteller und einen Transformatorprimärstromrichter auf. Der Transformator weist ferner eine Anzahl getrennter Sekundärwicklungen auf, denen jeweils ein Transformatorsekundärstromrichter zugeordnet ist.

30

In einer weiteren Ausgestaltung weist der Transformator eine Vorladewicklung auf, die von einem Vorladestromrichter aus einer Fahrzeugbatterie oder dergleichen so gespeist wird, dass die Schaltung vorgeladen werden kann, noch bevor der Schalter geschlossen wird.

- 5 Hierdurch lassen sich große Inrushströme wirksam vermeiden. Insbesondere kann dabei vorgesehen sein, dass etwa vorhandene Zwischenkreiskondensatoren über die genannte Vorladewicklung des Transformators vorgeladen werden.

- 10 Gemäß einer besonderen Ausgestaltung wird der Transformatorstromrichter resonant mit einer Halbbrückentopologie betrieben.

Zur Verbesserung der Kopplungseigenschaften zur Vergleichmäßigung der Streuinduktivitäten kann der Transformator einen speziellen

- 15 Wicklungsaufbau aufweisen. Hierbei kann insbesondere vorgesehen sein, dass der Transformator auf einem Transformator kern angeordnete scheibenförmige Primärwicklungen aufweist, wobei unter jeder Primärwicklung der $(1/n)$ -te Teil der Sekundärwicklungen aufgebracht ist, und wobei die n Teile jeder Wicklung in Reihe oder parallel geschaltet sind.

20

Ferner kann vorgesehen sein, dass im Einspeisebetrieb die mindestens zwei Primärteilstromrichter und die mindestens zwei Sekundärteilstromrichter synchron und im Resonanzbetrieb betrieben werden, wodurch unzulässige Spannungsasymmetrien vermieden werden.

25

Die Erfindung wird nachfolgend, unter Bezugnahme auf die Zeichnungen, anhand von Ausführungsbeispielen eingehender erläutert. Im Einzelnen zeigen dabei:

30

- Fig. 1 ein Prinzipschaltbild einer erfindungsgemäßen Schaltung zur Spannungsversorgung eines Schienenfahrzeuges über eine Oberleitung;
- 5 Fig. 2 ein Schaltplan eines ersten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Primärteilstromrichters;
- Fig. 3 ein Schaltplan eines zweiten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Primärteilstromrichters;
- 10 Fig. 4 ein Schaltplan eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Sekundärteilstromrichters; und
- Fig. 5 schematisch eine Wicklungsanordnung eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Transformators.
- 15

Die Fig. 1 zeigt eine elektronische Schaltung zur Umformung von Wechselstrom in Gleichstrom bei einem Stromversorgungssystem für Schienenfahrzeuge. Die Schaltung weist einen aus in Reihe geschalteten

20 Teilstromrichtern 4.1 – 4.n gebildeten Primärstromrichter, einen Transformator 5 und einen aus mehrere galvanisch getrennten Teilstromrichtern 6.1 – 6.m bestehenden Sekundärstromrichter auf. Die Ausgangsleitungen der einzelnen Primärteilstromrichter 4.1 – 4.n sind jeweils mit einer Transformatorprimärteilwicklung 5.1 - 5.n verbunden.

25

Die gezeigte Schaltung wird direkt an einem 15 kV oder 25 kV Bahnnetz über eine Oberleitung 1 betrieben. Die Schaltung stellt m

Ausgangsgleichspannungen $U_1 - U_m$ für die Antriebe und Hilfsantriebe eines (nicht gezeigten) Schienenfahrzeugs bereit. Da Halbleiterschalter für

30 die erforderliche Spannungsfestigkeit nicht existieren, wird die genannte Reihe von Teilstromrichtern 4.1 - 4.n zwischen der Oberleitung 1 und

einem Rad-Schienesystem 10 betrieben, denen ein Schalter 2 und ein
 Eingangsfilter 3 vorgeschaltet sind. Unter Verweis auf die Figuren 2 und 3,
 bestehen die Teilstromrichter in dem Ausführungsbeispiel aus einem
 Vierquadrantensteller 12, aus einem großen Zwischenkreiskondensator 13,
 5 aus Resonanzkondensatoren 14 und aus einem Transformatorprimärstrom-
 richter 15. Jeder Transformatorsekundärwicklung 5.11 - 5.m1 ist ein
 Transformatorsekundärstromrichter 6.1 - 6.m zugeordnet.

Über einen optionalen Vorladestromrichter 8 und eine Vorladewicklung 5.12
 10 kann der Zwischenkreiskondensator 13 (bzw. 16) in den primären
 Teilstromrichtern 4.1 - 4.n geladen werden, ohne dass die
 Transformatorsekundärstromrichter 6.1 - 6.m takten müssen. Der
 Vorladestromrichter wird in dem Beispiel über eine Wagenbatterie 9
 gespeist. Die Vorladung hat den Vorteil, dass der Schalter 2 geschlossen
 15 werden kann, ohne dass ein großer Inrushstrom im Zuschaltaugenblick
 fließt.

Die Transformatorstromrichter 4.1 - 4.n werden erfindungsgemäß resonant
 betrieben. Dabei bilden aus der Fig. 2 zu ersehende Resonanzkondensatoren
 20 14 mit den Streuinduktivitäten des Transformators 5 einen Schwingkreis,
 dessen Eigenfrequenz f größer als die Schaltfrequenz f_s ist.
 Erfindungsgemäß wird eine der Ausgangsspannungen $U_1 - U_m$ auf einen
 vorgegebenen Wert geregelt.

25 Im Einspeisebetrieb werden die Transistoren der Transformatorprimär-
 stromrichter in den Teilstromrichtern 4.1 - 4.n gleichphasig getaktet. Die
 Transistoren in den Stromrichtern 6.1 - 6.m bleiben gesperrt, so dass nur
 die Dioden in den Transformatorsekundärstromrichtern 6.1 - 6.m aktiv
 sind.

Demgegenüber werden im Rückspeisemodus die Transistoren der Transformatorstromrichter 6.1 – 6.m gleichphasig getaktet. Die Transistoren in den Transformatorprimärstromrichtern 15 bleiben dabei gesperrt, so dass nur die Dioden dieser Stromrichter aktiv sind.

5

Im Einspeise- und im Rückspeisebetrieb sind die Transformatorspannungen nahezu rechteckförmig und die Transformatorströme nahezu sinusförmig, so dass stromlos geschaltet werden kann. Dadurch bedingt sind die Verluste in den Transformatorstromrichtern sehr gering und die

- 10 Funkentstöreeigenschaften entsprechend gut. Im Einspeisebetrieb ist die primäre Zwischenkreisspannung, welche entweder am Kondensator 13 oder (gemäß Fig. 3) als Summenspannung an den Kondensatoren 16 abfällt, multipliziert um $0,5 \cdot \ddot{u}$ (\ddot{u} = Übersetzungsverhältnis zwischen jeder Primärwicklung 5.1 – 5.n und der zur Spannung U_a gehörenden
- 15 Sekundärwicklung) größer als die Ausgangsspannung U_a . Im Rückspeisebetrieb hingegen ist die primäre Zwischenkreisspannung multipliziert mit $0,5 \cdot \ddot{u}$ kleiner als die Ausgangsspannung U_a .

- Die Summe der primären Zwischenkreisspannungen ist stets größer als der
- 20 jeweilige Scheitelwert der Netzspannung. Die großen Zwischenkreiskondensatoren 13 bzw. 16, die nicht als Resonanzelemente genutzt werden, bieten einen guten Schutz gegenüber Eingangsüberspannungen.

- Bedingt dadurch, dass die Halbbrückenkondensatoren 14 als
- 25 Resonanzelemente genutzt werden, werden 50% der Halbleiter im Transformatorprimärstromrichter eingespart.

- Es ist anzumerken, dass der Transformator 5 alternativ aus mehreren einzelnen Transformatoren bestehen kann, wobei jeder einzelne
- 30 Transformator mindestens eine Primärwicklung, mindestens eine Sekundärwicklung und eine Vorladewicklung aufweist.

Die Fig. 3 zeigt nun ein zweites Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Primärteilstromrichters 4.1 – 4.n. In diesem Beispiel ist der Vierquadrantensteller als Dreipunktsteller 17 mit zwei in Reihe geschalteten Zwischenkreiskondensatoren 16 betrieben. Dabei können im

- 5 Vierquadrantensteller Halbleiter mit geringerer Sperrspannung und guten Schalteigenschaften eingesetzt werden, obwohl die Zwischenkreisspannung an die Halbleiter mit hoher Sperrspannung im Transformatorprimärstromrichter 15 angepasst ist.

- 10 Die Fig. 4 illustriert nun ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Sekundärteilstromrichters. Ähnlich wie in Fig. 2 besteht dieser aus einem Vierquadrantensteller 6 und einem Glättungskondensator 19.

- Der in Fig. 5 dargestellte Transformator 5 ist im vorliegenden
- 15 Ausführungsbeispiel so aufgebaut, dass die Primärwicklungen 5.1 – 5.n scheibenförmig als oberste Wicklungslage aufgebracht werden. Dann folgt eine Isolierschicht, die beispielsweise aus Isolieröl bestehen kann. Unter der Isolierschicht befinden sich jeweils $1/n$ der Teilwicklungen sämtlicher Ausgangswicklungen 5.11 – 5.m1 sowie eine Vorladewicklung 5.12. Die n
- 20 Teilwicklungen jeder Ausgangswicklung $t_1(5.11) - t_n(5.11)$; $t_1(5.21) - t_n(5.21) \dots t_1(5.m1) - t_n(5.m1)$; $t_1(5.12) - t_n(5.12)$ sind jeweils parallel oder in Reihe geschaltet. Dadurch erhält man gleiche Kopplungseigenschaften und eine Vergleichmäßigung der Streuinduktivitäten, so dass die Zwischenkreisspannungsdifferenzen gering bleiben.

25

Es versteht sich, dass die Primärwicklungen auch als untere Lage und die Sekundärwicklungen als oberste Lage verwendet werden können.

Ansprüche:

1. Elektronische Schaltung zur bidirektionalen Umformung von Wechselspannung in Gleichspannung mit galvanischer Trennung, insbesondere zur Verwendung in einem Stromversorgungssystem für Schienenfahrzeuge, aufweisend einen Primärstromrichter (4), einen Transformator (5) und einen Sekundärstromrichter (6),
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass der Primärstromrichter (4) aus mindestens zwei in Reihe geschalteten Primärteilstromrichter (4.1 - 4.n) gebildet ist, deren Ausgangsleitungen mit jeweils einer Transformatorprimär-teilwicklung (5.1 - 5.n) verbunden sind.
2. Schaltung nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass der Transformator (5) mindestens eine oder mehrere Transformatorsekundärteilstwicklungen (5.11 - 5.m1) aufweist, die jeweils mit einem Sekundärteilstromrichter (6.1 - 6.m) zur Generierung von m Ausgangsspannungen (U1 - Um) verbunden sind.
3. Schaltung nach Anspruch 1 oder 2,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass die mindestens zwei Primärteilstromrichter (4.1 - 4.n) über einen Schalter (2) und ein Eingangsfilter (3) direkt an einem Wechselstromnetz (1) betrieben werden.

4. Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass die mindestens zwei Primärteilstromrichter (4.1 - 4.n)
jeweils aus einem eingangsseitig angeordneten Vierquadranten-
steller (12), einem Zwischenkreiskondensator (13) und einem
Transformator-stromrichter (15) gebildet sind.
5. Schaltung nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Transformatorstromrichter (15) zwei
Resonanzkondensatoren (14) aufweist, die als
Halbbrückenkondensatoren ausgeführt sind und zusammen mit
einer Streuinduktivität des Transformators (5) einen
Schwingkreis bilden, dessen Resonanzfrequenz größer als eine
bei den mindestens zwei Primärteilstromrichtern (4.1 - 4.n)
auftretende, über den Schalter (2) erzeugte Schaltfrequenz ist.
6. Schaltung nach Anspruch 4 oder 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Vierquadrantensteller (12) als Dreipunktstromrichter
ausgeführt ist, wobei vier Dioden (18) am Mittelpunkt zweier
Zwischenkreiskondensatoren (16) angebunden sind.
7. Schaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass im Einspeisebetrieb der mindestens eine
Primärteilstromrichter (4.1 - 4.n) und eine oder mehrere
Sekundärteilstromrichter (6.1 - 6.m) synchron und im
Resonanzbetrieb betrieben werden.

8. Schaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Transformator (5) auf einem Transformatorkern (20)
angeordnete, scheibenförmige Primärwicklungen (5.1 - 5.n)
aufweist, wobei unter jeder Primärwicklung der $(1/n)$ -te Teil
der Sekundärwicklungen (5.11 - 5.m1) aufgebracht ist, und
wobei die n Teile jeder Wicklung in Reihe oder parallel
geschaltet sind.

10 9. Schaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Zwischenkreiskondensatoren (13, 16) über eine
Vorladewicklung (5.12) und einen von einer Batterie oder
dergleichen gespeisten Stromrichter (8) vorgeladen werden.

15
10. Schaltung nach Anspruch 9 soweit auf Anspruch rückbezogen,
dadurch gekennzeichnet,
dass unter jeder Primärwicklung der $(1/n)$ -te Teil der
Vorladewicklung (5.12) aufgebracht ist, und wobei die n Teile
jeder Wicklung in Reihe oder parallel geschaltet sind.

20

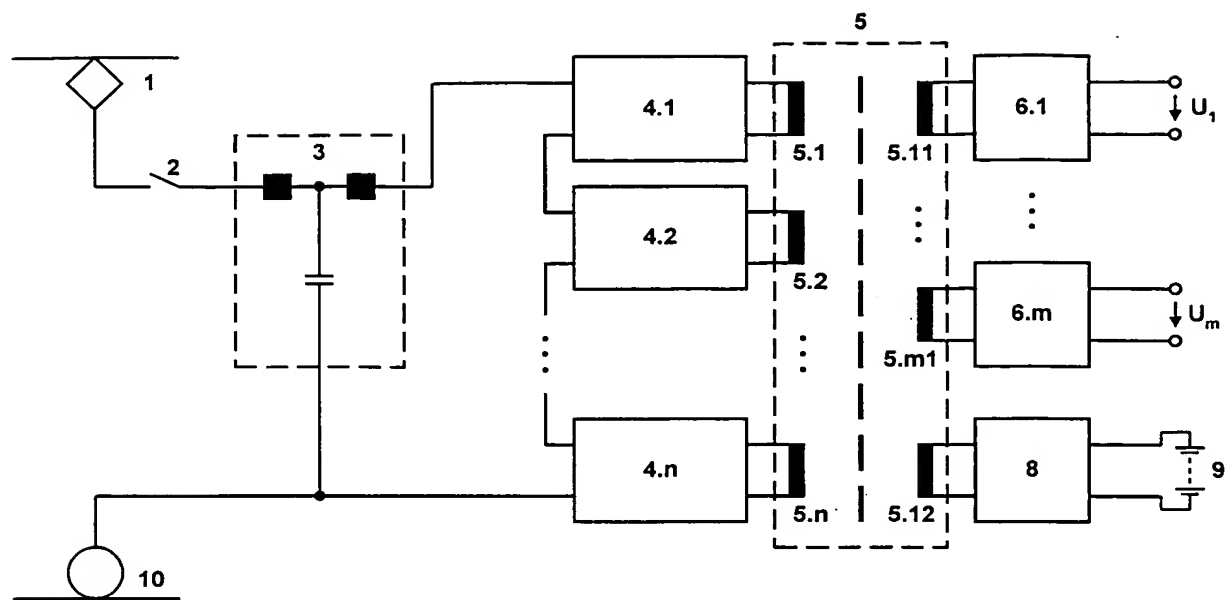


Abbildung 1

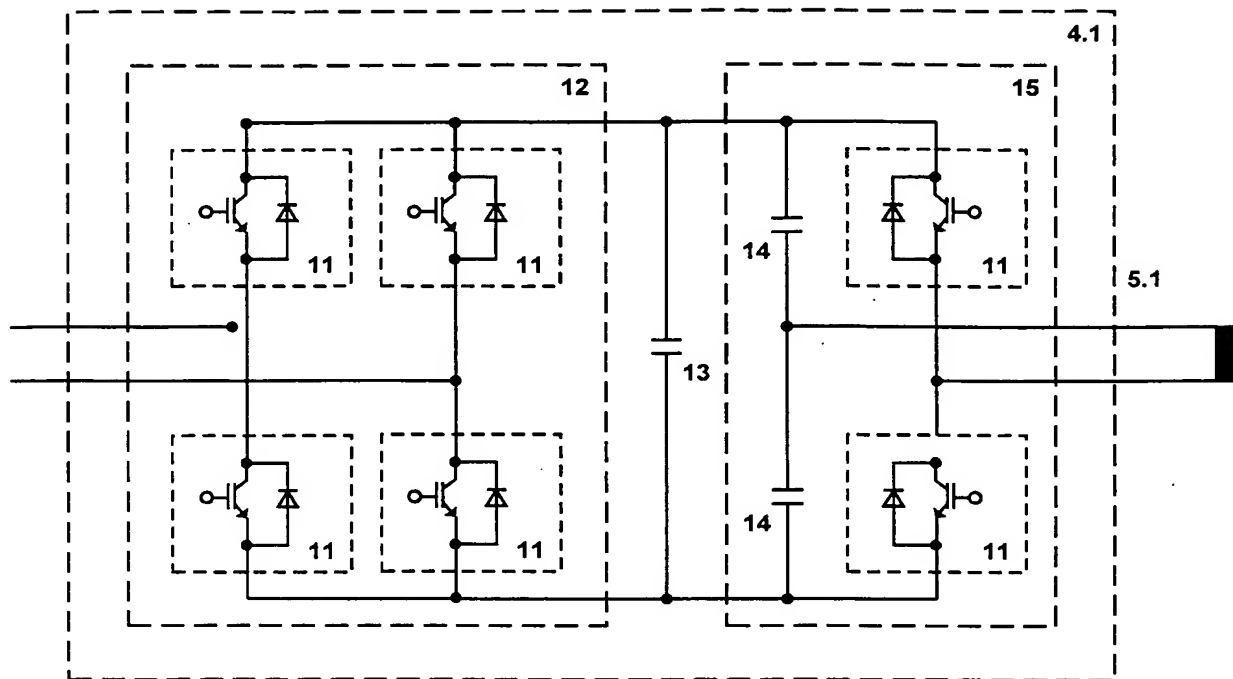


Abbildung 2

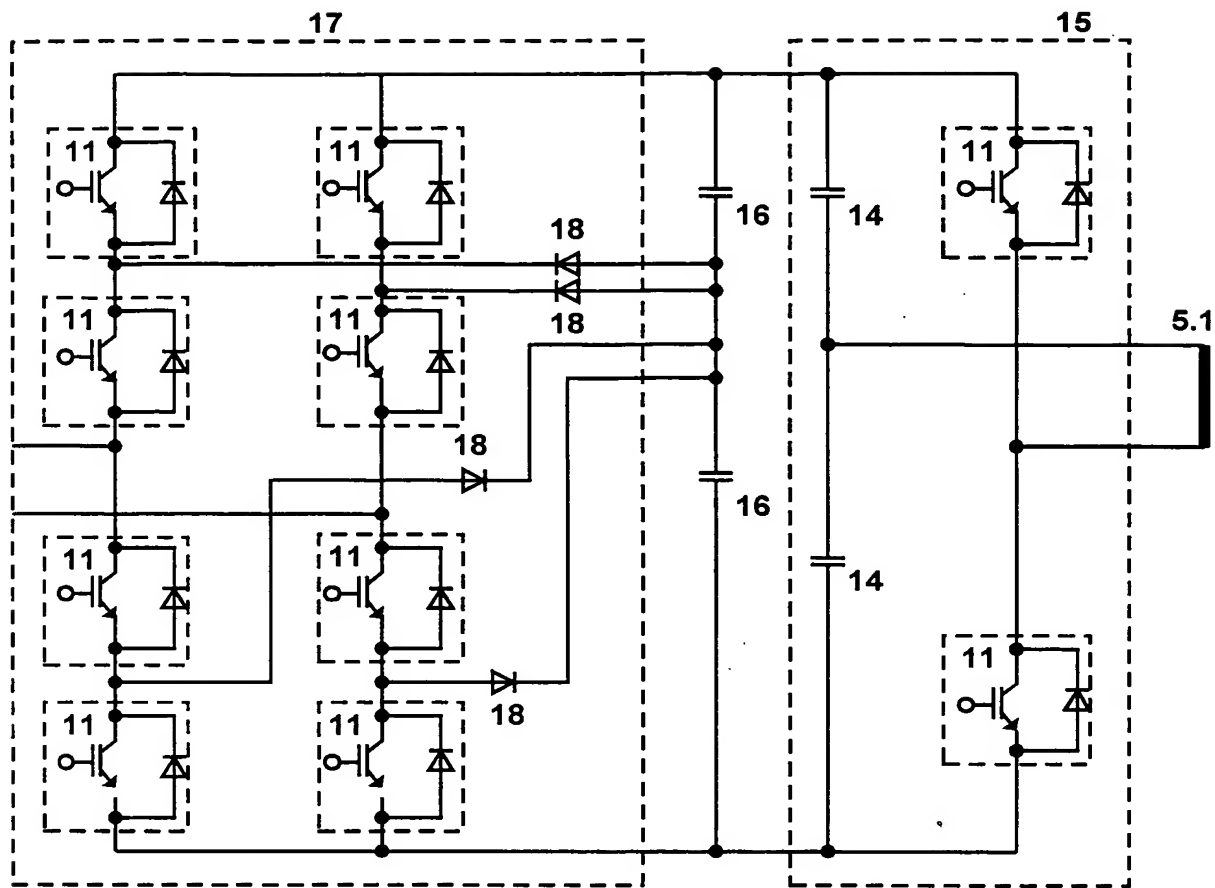


Abbildung 3

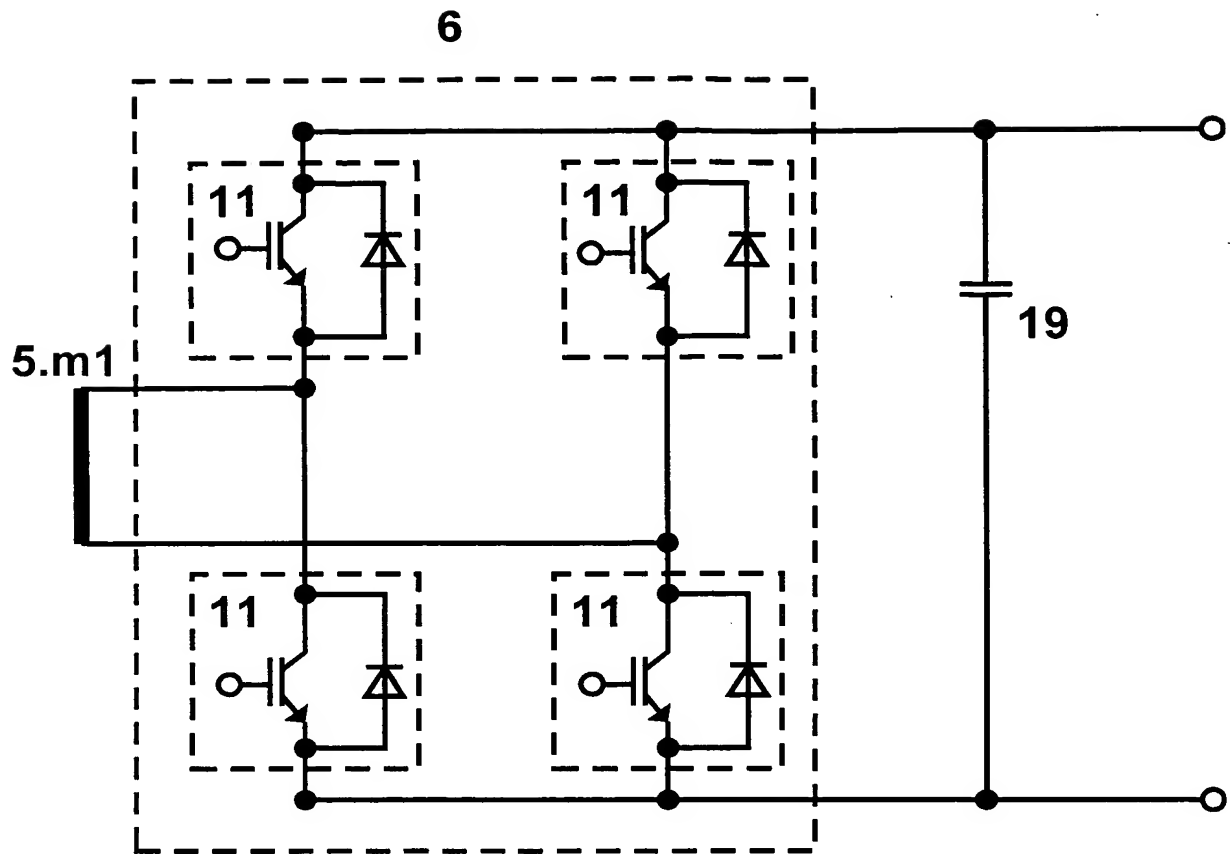


Abbildung 4

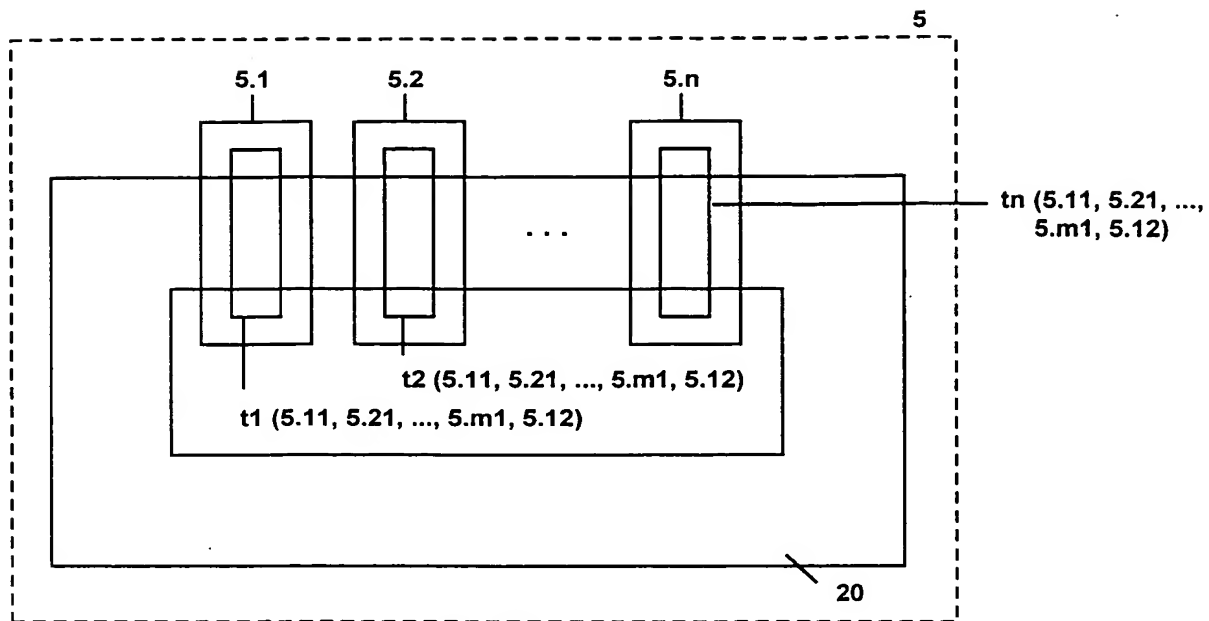


Abbildung 5

Zusammenfassung

Eine elektronische Schaltung zur bidirektionalen Umformung von Wechselspannung in Gleichspannung mit galvanischer Trennung,
5 insbesondere zur Verwendung in einem Stromversorgungssystem für Schienenfahrzeuge, aufweisend einen Primärstromrichter (4), einen Transformator (5) und einen Sekundärstromrichter (6), sieht erfindungsgemäß vor, dass der Primärstromrichter (4) aus mindestens zwei in Reihe geschalteten Primärteilstromrichtern (4.1 - 4.n) gebildet ist, deren
10 Ausgangsleitungen mit jeweils einer Transformatorprimärteilmwicklung (5.1 - 5.n) verbunden sind.

(Abb. 1)

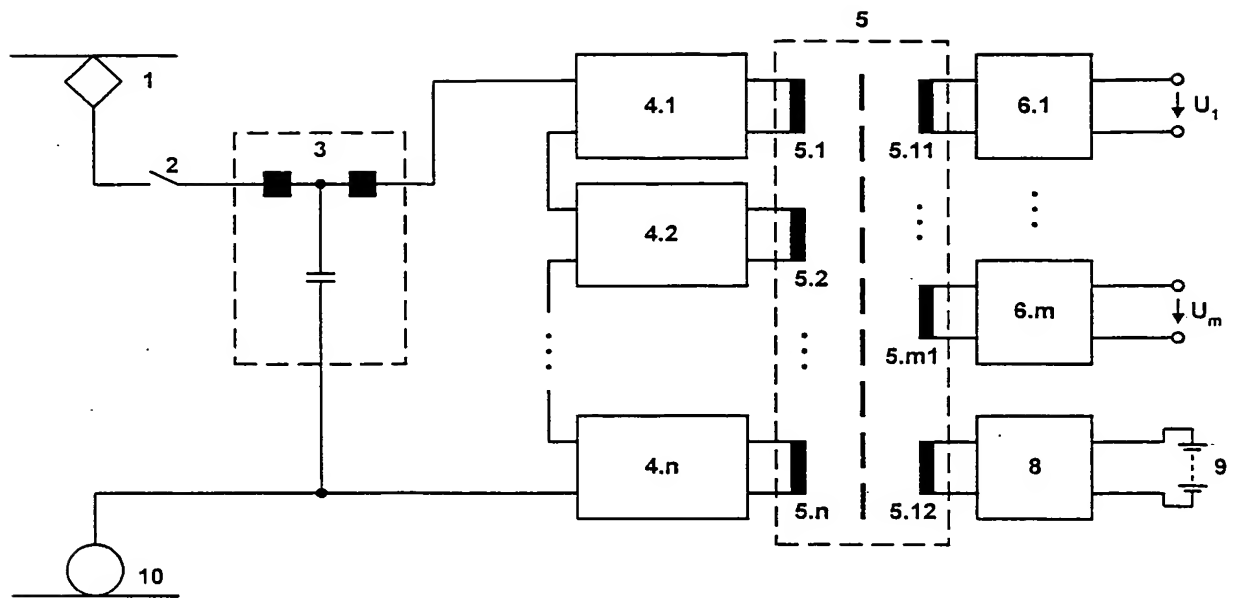


Abbildung 1